

Antworten zu F 1

1. Die Masse dieses Körpers beträgt rund 27 u, weil Neutronen (n°) und Protonen (p^{+}) Massen von je rund 1 u haben und die Masse der Elektronen vernachlässigbar gering ist. Es gilt ganz allgemein, dass die Elektronenmassen in der Chemie vernachlässigt werden können.
Das Körper ist dreifach positiv geladen ($+3e$), das entspricht der Ladungssumme seiner Elementarteilchen: 13 Protonen (p^{+} haben die Ladung von $+13 e$) und 10 Elektronen (mit einer Ladung von $-10 e$); die ungeladenen Neutronen leisten keinen Beitrag zur Gesamtladung.
- Die Bezeichnung Körper wurde bewusst gewählt, es ist nicht ein Atom: Atome sind elektrisch neutrale (ungeladene) Teilchen, die aus Protonen, Elektronen und Neutronen bestehen; sie müssen also stets gleich viele Protonen wie Elektronen enthalten.
2. In diesem Fall tritt keine elektrostatische Kraft in Erscheinung, weil Neutronen ungeladen sind. Merken Sie sich, dass elektrostatische Kräfte nur zwischen geladenen Teilchen (Körpern) auftreten!
3. Ein Körper mit 11 p^{+} und 10 e^{-} hat eine Ladung von $+1 e$ (die Neutronen haben auf die Ladung wiederum keinen Einfluss). Die Gesamtladungen von $+1 e$ und $+3 e$ der beiden Körper führen zu einer abstoßenden elektrostatischen Kraft. Es gilt: Gleiche Ladungen stoßen sich ab.

Antworten zu F 2

1. Wenn der Durchmesser der Hülle 10'000 mal größer ist als der des Kerns, wäre der Atomdurchmesser bei einem Kerndurchmesser von 22 cm 2.2 km.
2. Chemische Elemente sind Atomarten, welche durch die Anzahl der Protonen im Kern unterschieden werden. Früher war das stoffliche Denken viel ausgeprägter und der Begriff Element bezog sich auf Stoffe. Es wurde angenommen, dass sich viele Stoffe in die Elemente, eine Art Grundstoffe zerlegen lassen, die sich nicht weiter zerlegen lassen und aus denen alle anderen Stoffe aufgebaut sind. Heute weiß man, dass sich viele dieser "Elemente" weiter zerlegen lassen. Es ist deshalb nützlicher, die Elemente als Atomarten oder Atomsorten zu bezeichnen, wobei eben die Anzahl der Protonen über die Zugehörigkeit zu diesem oder jenem Element entscheidet.
3. Kernkräfte - deren Natur hier nicht besprochen wird - müssen offensichtlich stärker als elektrostatische Kräfte sein, da die Nukleonen im Kern zusammenhalten, obwohl zwischen den positiv geladenen Protonen abstoßende elektrostatische Kräfte wirksam sind. Mit einer einfachen Modellvorstellung kann man sich den Zusammenhalt eines Atomkerns so erklären, dass die Neutronen und Protonen gewissermaßen als Kugeln mit klebriger Oberfläche betrachtet werden, an denen andere Neutronen und Protonen bei direktem Kontakt haften. Durch die Vermischung mit Neutronen werden aber die Protonen etwas auf Distanz gehalten, so dass die Summe der abstoßenden elektrostatischen Kräfte zwischen den Protonen etwas kleiner wird.

Antworten zu F 3

1. Das PSE enthält acht Hauptgruppen, welche mit den römischen Zahlen I - VIII nummeriert werden. Zwischen der II. und der III. Hauptgruppe befinden sich Nebengruppen, welche zum größten Teil Elemente enthalten, deren Elektronenschalen eine unregelmäßige Füllung aufweisen. Dadurch werden Vorhersagen bezüglich dem Reaktionsverhalten mit unserem einfachen Modell sehr erschwert bis unmöglich. Oft gelten Regeln über das Verhalten bei Stoffveränderungen deshalb nur für Hauptgruppenelemente.
Es gibt sieben Perioden (waagrechte Zeilen), sie werden mit arabischen Zahlen nummeriert.
2. Es enthält insgesamt 14 Kernbausteine und hat deshalb die Massenzahl 14. Die Ordnungszahl ist 6, es handelt sich folglich um das Isotop Kohlenstoff-14, abgekürzt ^{14}C .
3. Dies ist nur möglich, wenn die Atommasse eindeutig nicht eine ganze Zahl ist. Weil sowohl Protonen wie auch Neutronen ungefähr die Masse 1u besitzen, haben Elemente mit nur einem Isotop eine Massenzahl, die nahe bei einer ganzen Zahl liegt. Atommassen wie 24.31u (Magnesium) sind nur möglich, wenn ein nach Häufigkeit gewichteter Durchschnitt der Atommassen von mehreren Isotopen eines Elementes berechnet wird.

Antworten zu F 4

1. Wie das PSE zeigt, haben die Atome einer Periode dieselbe Anzahl von Elektronenschalen; diese Zahl entspricht der Periodennummer. Eine Ausnahme macht das Palladium (Pd) der 5. Periode, dessen Atome nur 4 Elektronenschalen haben. Bei den Hauptgruppenelementen allerdings gilt ohne Ausnahme, dass die Zahl der Elektronenschalen gleich der Periodennummer ist.
2. Alle Atome derselben Hauptgruppe (senkrechte Kolonnen, mit römischen Zahlen bezeichnet) haben dieselbe Zahl von Elektronen in ihrer äußersten Schale; diese Zahl entspricht der Hauptgruppennummer (römische Zahl). Wir werden sehen, dass diese Außenschale für die chemischen Eigenschaften von großer Bedeutung ist. Eine weitere Gemeinsamkeit ist, dass die 1. Schale (K-Schale) stets zwei Elektronen enthält, was übrigens für alle Atome (Ausnahme H) gilt.
3. Je näher sich die Elektronen beim Kern aufhalten, umso stärker sind sie auch an den Kern gebunden. Somit gilt, dass die Elektronen der 1. Schale stärker gebunden werden als die der 3. Schale. Das sog. Schalenmodell der Elektronenhülle klassiert die Hüllenelektronen hinsichtlich ihrer Bindungsstärke an den Kern; die unterschiedlichen Abstände der Schalen vom Kern sind eine bildhafte Darstellung dieses Sachverhalts.

Antworten zu F 5

1. Phosphor hat die Ordnungszahl 15 und eine Atommasse nahe bei 31 u. Es wird wahrscheinlich Phosphorisotope mit 16 Neutronen geben. Die Atomrümpfe haben nur noch 2 Elektronenschalen mit 2 und 8 Elektronen. Somit ist die Ladung dieser Atomrümpfe $+5e$ und das Symbol P^{5+} .
2. Die zweite Periode enthält die Elemente der Ordnungszahlen 3 (Lithium) bis 10 (Neon). Die Atomrümpfe dieser Elemente bestehen aus dem Kern und der 1. Schale mit 2 Elektronen. Da die Kernladung von links nach rechts jeweils um eine positive Elementarladung zunimmt, nimmt auch die positive Ladung dieser Atomrümpfe im gleichen Sinn um je eine Einheit zu. Die Symbole sind: Li^+ , Be^{2+} , B^{3+} , C^{4+} , N^{5+} , O^{6+} , F^{7+} und Ne^{8+} .
3. Es wurde bereits erwähnt, dass der Valenzschale für die chemischen Eigenschaften eine große Bedeutung zukommt. Wie das PSE zeigt, haben alle Atome der gleichen Hauptgruppe die gleiche Anzahl von Valenzelektronen, auf der die „chemische Verwandtschaft“ beruht. Diese chemische Verwandtschaft ist besonders ausgeprägt bei den Elementen der I. Hauptgruppe (sog. Alkalimetalle), der II. Hauptgruppe (sog. Erdalkalimetalle) und der VII. Hauptgruppe (sog. Halogene, d.h. Salzbildner).

Antworten zu F 6

1. Es muss sich um dasjenige Element handeln, das im PSE ganz unten links steht, also um das Francium Fr. Dies liegt daran, dass die EN in den Hauptgruppen von oben nach unten abnimmt und in den Perioden von rechts nach links.
2. Die Anzahl der Valenzelektronen nimmt von links nach rechts zu. Die Abstoßung zwischen den Valenzelektronen fällt immer stärker ins Gewicht, so dass die Valenzschale aufgebläht würde, wenn nicht die hohe EN dem entgegenwirken würde. Die Abstoßung zwischen der zunehmenden Zahl der Valenzelektronen ist also für die Abschwächung der Abnahme verantwortlich.
3. Metallische Elemente haben eher kleine und nichtmetallische Elemente eher große EN-Werte. Die EN nimmt im Periodensystem von links unten nach rechts oben zu, womit auch die Elementeeigenschaften im gleichen Sinn von typisch metallischem über halbmetallischen zu typisch nichtmetallischem Charakter wechseln. In unserer Tabelle wechseln die Elementeeigenschaften bei der Trennungslinie bei einem EN-Wert zwischen 1.5 und 1.7. Der Wert 1.4 liegt also im metallischen Bereich.

Antworten zu F 7

1. Das einfache Modell für einen Metallkristall (Gitter aus Atomrümpfen, zusammengehalten durch leicht bewegliche Elektronen) erklärt vor allem die elektrische Leitfähigkeit von Metallen. Nicht erklärbar damit sind jedoch der metallische Glanz, die Lichtundurchlässigkeit und die Wärmeleitfähigkeit.
2. Die Teilchen, welche in ihrer Vielzahl den Stoff Metall aufbauen, können nicht nur aus den Atomrümpfen bestehen, denn sonst wäre der Stoff stark positiv geladen. Auch die Elektronen des Elektronengases müssen zu den Stoffteilchen gehören. Folglich sind die Stoffteilchen Metallatome, welche aber Elektronen an das Elektronengas "ausgeliehen" haben (sie können sie bei Stoffveränderungen jederzeit zurückerhalten). Die Stoffformel für Metalle, beispielsweise Cu für Kupfer, drückt diesen Sachverhalt aus: Das Metall Kupfer wird aus vielen Kupferatomen aufgebaut.
3. Das Wort Kristall bringt man meist mit einzelnen großen Kristallen in Verbindung, obwohl es nur bedeutet, dass die Bausteine des Kristalls hochgeordnet sind. Dies ist bei den Körnern der Fall. Bei Metallen sind die Kristalle jedoch sehr klein und erst noch so stark ineinander verschachtelt, dass man sie kaum ausmachen kann. Sie werden als Körner bezeichnet.
Ein Stück Würfelzucker ist eigentlich exakt so aufgebaut wie ein Stück Metall, aus lauter ineinander verschachtelten Zuckerkörnchen oder eben: -kristallen.

Antworten zu F 8

1. $\text{Li}^+ \rightarrow \text{He}$; $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Ne}$; $\text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{Xe}$;
Der Atomrumpf von Eisen (Fe^{2+}) entspricht keiner Edelgaskonfiguration, weil die zweitäußerste Schale nur 14 Elektronen (statt der benötigten 18) besitzt. Eisen erreicht also durch Abgabe der Valenzelektronen keine Edelgaskonfiguration. Warum es trotzdem eine gewisse Stabilität besitzen kann und wie viele Elektronen zu diesem Zweck tatsächlich abgegeben werden müssen, kann mit unserem einfachen Modell nicht erklärt werden. Deshalb ist das Element auch unter den Nebengruppenelementen eingereiht.
2. Metallatome haben generell einen tiefen EN-Wert, was die Abgabe von Elektronen erleichtert. Nichtmetallatome mit ihren hohen EN-Werten trachten danach, weitere Elektronen zur Komplettierung ihrer Valenzschale aufzunehmen.
3. Mit der Schreibweise werden drei Elektronenpaare und ein Einzelelektron erfasst. Weil damit nichts über die Anzahl der Elektronen in den innenliegenden Schalen ausgesagt wird, kommen alle Elemente der 7. Hauptgruppe in Frage. Bei Sauerstoff müsste man zwei Striche und zwei Punkte zeichnen, wobei es keine Rolle spielt, wie die Striche und Punkte um das Atomsymbol herum verteilt werden. In der tetraedrischen Anordnung (und so sind die Orbitale nach wie vor angeordnet) sind alle Orbitale Nachbarn von allen anderen der drei übrigen Orbitale:
 $|\bar{\text{O}}\cdot$ oder $\cdot\bar{\text{O}}\cdot$ $\bar{\text{He}}$ $|\bar{\text{Ne}}|$

Eine tetraedrische Anordnung der Orbitale ist bei He natürlich unmöglich, trotzdem bedeutet dieses eine Paar Edelgaskonfiguration und damit erhöhte Stabilität.

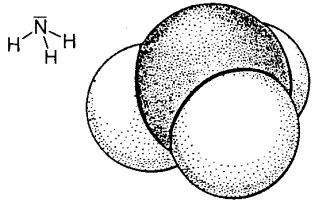
Antworten zu F 9

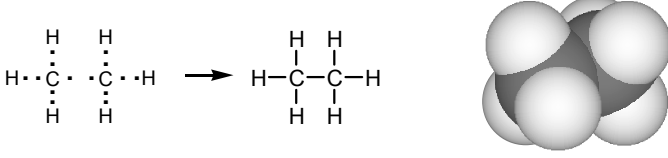
- Der Hauptpunkt ist, dass die Atome in einem Metallkristall nicht durch kovalente Bindungen zusammengehalten werden, sondern durch das Elektronengas. Atomkristalle sind zwar auch mehratomig und elektrisch neutral, aber sie sind keine Stoffteilchen, sondern bereits eine Ansammlung von Stoffteilchen (Metallatome).
- Weil das bindende Elektronenpaar (Strich zwischen den beiden Atomsymbolen Cl) sowohl in der Valenzschale des einen als auch des anderen Cl-Atoms liegt (gemeinsames Orbital). Somit hat sowohl das eine als auch das andere Cl-Atom vier besetzte Orbitale (Elektronenpaare) in der Valenzschale, d. h. die beiden Cl-Atome haben die Edelgaskonfiguration von Argon (Ar).
- H-Atome können mit ihrem Einzelelektron nur eine Bindung machen, folglich sind die Stoffteilchen von elementarem Wasserstoff die Moleküle H_2 . Das gemeinsame Elektronenpaar ermöglicht beiden die Edelgaskonfiguration von Helium.
 $H\bullet + \bullet H \rightarrow H-H$
 Auch Bromatome können nur eine Bindung machen, da bei sieben Valenzelektronen sechs davon paarweise auftreten. Die Stoffteilchen von elementarem Brom sind folglich Moleküle Br_2 , wobei die darin enthaltenen Bromatome die Edelgaskonfiguration von Krypton besitzen.
 $|\underline{Br}\cdot + \cdot\underline{Br}| \longrightarrow |\underline{Br}-\underline{Br}|$

Antworten zu F 10

- $H \cdot \cdot \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{N}} \cdot \cdot H \longrightarrow H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{N}}-H$

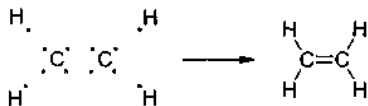
Die Konstruktion mit dem Tetraedermodell ergibt das nebenstehende Gebilde: Diese Darstellung in der Schreibebeine wird den räumlichen Verhältnissen nicht gerecht, da infolge der gegenseitigen Abstoßung die vier besetzten Orbitale ungefähr tetraedrisch angeordnet sind, womit das Molekül die Gestalt einer flachen Pyramide (Spitze N) hat. Die zweite Valenzstrichformel lässt diesen pyramidenförmigen Bau erkennen. Die Kalotte stellt die ungefähre Raumerfüllung dieses Moleküls dar.


- $H \cdot \cdot \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{C}} \cdot \cdot \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{C}} \cdot \cdot H \longrightarrow H-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{C}}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{C}}-H$


- Nicht genau. Nur wenn vier gleiche Atome mit gleicher Elektronenzahl gebunden sind liegen die vier Bindungsorbitale genau in den Ecken eines Tetraeders. Die Elektronenhüllen der vier an das C-Atom gebundenen Atome stoßen einander ab. Die Abstoßung zwischen Cl und H ist dabei etwas kleiner als diejenige zwischen Cl und Cl, da Cl infolge seiner Größe mehr Platz beansprucht als H.

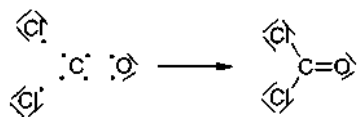
Antworten zu F 11

1. Die Konstruktion gemäß des Tetraedermodell ergibt:



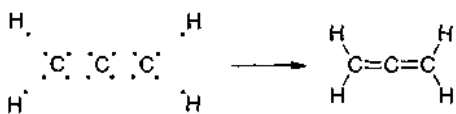
Alle sechs Atome des Ethenmoleküls C_2H_4 liegen in derselben Ebene, wie ein Vergleich mit den ersten beiden Abbildungen im Lernschritt zeigt (an den beiden Orbitalen der C-Atome, die nicht an der Doppelbindung beteiligt sind, hängen die vier H-Atome).

2.



Die Konstruktion mit dem Tetraedermodell der Atome ergibt die nebenstehende Valenzstrichformel. Das Phosgenmolekül ist planar; alle vier Atome (bzw. ihre Kerne) liegen in derselben Ebene.

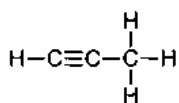
3.



Die Valenzstrichformel lässt sich wie nebenstehend angegeben konstruieren. Weil die beiden Doppelbindungen wie im CO_2 -Molekül um 90° verdreht sind, sind auch die endständigen Gruppen $=CH_2$ um 90° gegeneinander verdreht.

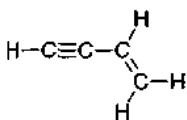
Antworten zu F 12

1.



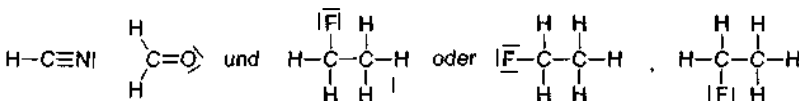
Die Valenzstrichformel ist nebenstehend angegeben. Mit der Summenformel C_3H_4 (die nur die Art und die jeweilige Anzahl der Atome angibt, ist aber auch das Molekül von [A 11-3] möglich! Unterschiedliche Moleküle gleicher Summenformel werden Isomere genannt.

2.



Es muss sich um ein Molekül der Summenformel C_4H_6 mit der nebenstehenden Valenzstrichformel handeln. Bei der Dreifachbindung liegen die beiden benachbarten Atome (H und C) auf der gleichen Geraden wie die C-Atome der Dreifachbindung.

3.

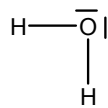
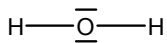


bzw. F am anderen C

wobei alle sechs Möglichkeiten ein und dasselbe Molekül beschreiben, weil C-C Einfachbindungen drehbar sind.

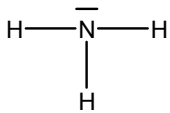
Antworten zu F 13

1.



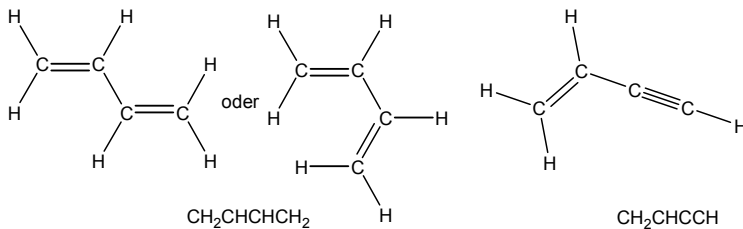
Bei beiden wird ein Winkel von 90° zwischen den bindenden als auch einsamen Elektronenpaaren gezeichnet. Es sind unterschiedliche Projektionen desselben Moleküls.

2.



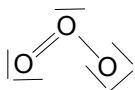
Von den vier Ecken eines Tetraeders sind nur drei mit Atomen besetzt. Gegen die vierte Ecke ragt ein einsames (nichtbindendes) Elektronenpaar. Die Atomrümpfe bilden demnach eine flache Pyramide, an deren Spitze das N-Atom steht. (Zur besseren Veranschaulichung kann beim CH_4 , welches in diesem Lernschritt dreidimensional dargestellt ist, einer der Substituenten gestrichen werden.)

3.



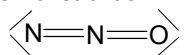
Antworten zu F 14

1. Die Konstruktion gemäß den neuen Regeln ergibt:



Das Molekül ist gewinkelt. Vereinfacht kann man sagen, dass die Winkel zwischen den Elektronengruppen (Einfachbindung, einsames Elektronenpaar, Doppelbindung) ungefähr 120° betragen. Dies ist eine Folge der größtmöglichen Abstoßung zwischen den Gruppen.

2. Die Konstruktion mit den erweiterten Regeln ergibt u.a. die nebenstehende



Valenzstrichformel. Das Molekül ist wegen der Abstoßung der beiden Elektronenpaare links vom mittleren N mit demjenigen rechts davon gestreckt. (Ebenfalls möglich sind die Varianten mit einer Einfach- und einer Dreifachbindung, die Geometrie ist aber dieselbe.)

3. Die Anzahl der Valenzelektronen ist ungerade, das bedeutet, dass eine Edelgaskonfiguration auf keinen Fall erreicht werden kann. Dass diese Moleküle (sie heißen Radikale) trotzdem existieren kann nur bedeuten, dass unser einfaches Modell für viele Moleküle noch zusätzlich erweitert werden müsste. Da es aber für die meisten Vorhersagen ausreicht, wird hier auf eine Modellerweiterung verzichtet.

Antworten zu F 15

1. Die diesen 3 Ionen (N^{3-} , O^{2-} und F^-) zugrunde liegenden Atome stehen in der 2. Periode des PSE, haben also 2 Elektronenschalen. Durch Aufnahme von Elektronen wird in allen drei Fällen die Valenzschale aufgefüllt, so dass diese drei Ionen die Edelgaskonfiguration des Neons besitzen (1. Schale mit $2 e^-$ und 2. Schale mit $8 e^-$).
2. In der Tabelle mit den Atom- und Ionenradien ist ersichtlich, dass Fluorid-Ionen F^- wesentlich größer (136 pm) als die zugrunde liegenden F-Atome (64 pm) sind. Dies beruht darauf, dass durch das zusätzliche Elektron, das in die Valenzschale integriert wird, die gegenseitige Abstoßung der Elektronen verstärkt wird, was eine Aufblähung der Valenzschale zur Folge hat.
3. Wie bereits erwähnt wurde, hat das Hydrid-Ion H^- Heliumkonfiguration. Aber auch Lithium-Ionen Li^+ und Beryllium-Ionen Be^{2+} haben diese Edelgaskonfiguration, nämlich nur eine Schale mit 2 Elektronen. Wie man der Tabelle mit den Atom- und Ionenradien entnehmen kann, unterscheiden sich diese drei Ionen stark in ihrer Größe (Radius $\text{H}^- = 154$ pm, Radius $\text{Li}^+ = 60$ pm und Radius $\text{Be}^{2+} = 31$ pm). Dies beruht auf den unterschiedlichen Kernladungen: so vermag der Kern des Be^{2+} (Ladung $+4e$) die beiden Hüllenelektronen viel stärker zu sich heranzuziehen als der des H^- (Ladung $+1e$).

Antworten zu F 16

1. Magnesiumoxid besteht aus den Mg^{2+} - und den O^{2-} -Ionen und hat daher die Formel MgO . Aluminiumhydrid besteht aus den Al^{3+} - und den H^- -Ionen und hat daher die Formel AlH_3 . Kaliumnitrid besteht aus den K^+ und den N^{3-} -Ionen und hat daher die Formel K_3N .
2. Rb_2S besteht aus den Rubidium-Ionen Rb^+ und den Sulfid-Ionen S^{2-} ; das Salz heißt also Rubidiumsulfid. CaH_2 besteht aus den Calcium-Ionen Ca^{2+} und den Hydrid-Ionen H^- ; dieses Salz heißt somit Calciumhydrid. AlCl_3 heißt Aluminiumchlorid, weil es aus den Aluminium-Ionen Al^{3+} und Chlorid-Ionen Cl^- besteht. Magnesiumfluorid ist der Name des Salzes MgF_2 ; es besteht aus den Magnesium-Ionen Mg^{2+} und den Fluorid-Ionen F^- . Die Verbindung Ca_3P_2 besteht aus den Calcium-Ionen Ca^{2+} und den Phosphid-Ionen P^{3-} und heißt Calciumphosphid.
3. Die Formel von Salzen aus einatomigen Ionen muss mit einem Symbol eines metallischen Elements beginnen. Daher sind die Verbindungen CH_4 , H_2O , NH_3 und $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ keine solchen Stoffe. Für das Erkennen von Salzformeln nach diesem Kriterium gilt für unsere Zwecke, dass die treppenförmige Trennungslinie im PSE eine Grenze bildet; auch die Halbmetalle, die links davon an die Linie angrenzen, bilden mit den Elementen, die rechts davon stehen, Salze.

Antworten zu F 17

1. Dieses Gebilde besteht aus einem Na^+ -Ion, das oktaedrisch von sechs Cl^- -Ionen umgeben (umhüllt) ist; daher ist die Ladungssumme $-5e$. Wegen der Größe der Cl^- -Ionen ist das Zentralteilchen, das Na^+ -Ion nicht sichtbar, ebenso wenig der sechste Ligand, das dahinter liegende Cl^- -Ion.
2. Die Gesamtladung des Stoffes NaCl ist Null. Folglich muss das negative Ion im Kochsalzkristall auch von sechs (positiven) Liganden umgeben sein. Dies gilt aber nur für Kristalle, bei denen das Verhältnis der beiden Ionen 1:1 beträgt, wie der nächste Lernschritt belegen wird.
3. K_2S und Al_2O_3 . In diesen beiden Ionenverbindungen sind die Verhältnisse zwischen den Stoffteilchen nicht 1:1, was erste Bedingung für die Ausbildung eines Kochsalzkristallgitters ist. Bei den beiden anderen Verbindungen ist das Verhältnis der Ionen 1:1. Ob damit tatsächlich ein Kochsalzkristallgitter ausgebildet wird, hängt aber noch von anderen Faktoren ab, wie zum Beispiel dem Verhältnis der Ionenradien.

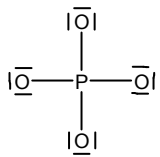
Antworten zu F 18

1. Im Zinksulfidgitter haben sowohl die Zn^{2+} -Ionen vier S^{2-} -Liganden, als auch die S^{2-} -Ionen vier Zn^{2+} -Liganden. Im Kochsalzgitter sind es je sechs, wie im letzten Lernschritt dargelegt wurde. Im CsCl haben beide Gitterbausteine (Cs^+ - und Cl^-) acht Liganden, weil sie beide einfach geladen sind und deshalb in gleicher Zahl im Salzkristall vorkommen. Dass in den drei Gittertypen die Zahl der Liganden bei gleichem Ionenverhältnis nicht gleich ist, liegt unter anderem an den unterschiedlichen Größenverhältnissen der Ionen.
2. Jedes Mg^{2+} -Ion hat 6 Liganden O^{2-} und jedes O^{2-} -Ion hat 6 Liganden Mg^{2+} in oktaedrischer Anordnung (wie bei Kochsalz).
3. Das Salz CaF_2 (Calciumfluorid) enthält die Ionen Ca^{2+} und F^- . Ca^{2+} hat acht Liganden (in Würfecken). Da in diesem Salz aber nur halb so viele Ca^{2+} -Ionen vorliegen, stehen pro F^- nur 4 Ca^{2+} -Liganden zur Verfügung, die tetraedrisch angeordnet sind. Auch diese Verhältnisse ergeben einen räumlich hochgeordneten Zustand, ein Ionengitter. Dieses Beispiel soll darauf hinweisen, dass auch bei kleinsten ganzzahligen Verhältnissen, die von 1:1 abweichen, Ionengitter möglich sind und damit Salzkristalle.

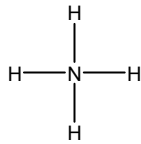
Antworten zu F 19

1. Wegen der zweifach positiven Ladung des Ca^{2+} -Ions, hat das negative Ion die Formel SO_4^{2-} . Im Lernschritt 19 wird das Ammonium-Ion NH_4^+ vorgestellt. ClO^- ist folglich einfach negativ geladen. Drei Calcium-Ionen haben zusammen die Ladung +6, die Ladung -6 muss auf zwei Phosphat-Ionen verteilt werden. Deren Stoffteilchenformel ist also PO_4^{3-} .

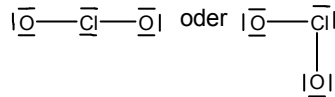
2.



$$6+6+6+6+5+3e^- \\ = 16 \text{ Paare}$$



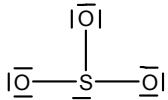
$$1+1+1+1+5-1e^- \\ = 4 \text{ Paare}$$



$$6+6+7+1e^- \\ = 10 \text{ Paare}$$

3. Die Ladung des Kalium-Ions ist +1. Folglich muss die Ladung des CN^- -Ions -1 sein. Die Anzahl der Valenzelektronen $4+5+1 = 10$ ergibt 5 Paare. Das Ion besitzt die gleiche Elektronenverteilung wie das Molekül CO (Kohlenmonoxid) mit einer Dreifachbindung und zwei einsamen Elektronenpaaren.

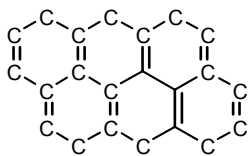
Die Ladung des Natrium-Ions ist ebenfalls +1. Die Ladung des Sulfit-Ions folglich -2. Die Anzahl der Valenzelektronen $6+6+6+6 = 24$. Dazu kommen zwei Elektronen der zweifach negativen Ladung. Das sind 13 Paare:



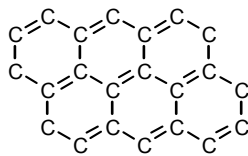
Antworten zu F 20

1. Weil in Grafit jedes C-Atom nur drei weitere C-Atome gebunden hat, ist gewissermaßen ein Valenzelektron überzählig, welches für die Leitfähigkeit verantwortlich ist. In Diamant haben die C-Atome vier weitere C-Atome gebunden, womit jedes Valenzelektron in einer Bindung gebunden ist.

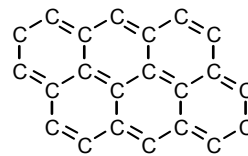
2.



oder



oder



3. Im Kristallpulver liegen die einzelnen Kriställchen in allen möglichen Raumlagen beieinander. Somit ergibt sich im Mittel ein Material, das in allen Raumrichtungen gleichermaßen beschaffen ist, im Unterschied zum einzelnen Grafitkristall, der entlang der C-Ebenen nicht gleich beschaffen ist wie senkrecht dazu.

Antworten zu F 21

1. Nein, es könnte sich durchaus auch um ein dreiatomiges Molekül (analog CO_2) handeln. Es gibt aber nicht allzu viele Atomkristalle, deren Zusammensetzung man kennen muss, deshalb kann man sich die Formel von Quarz schon merken. Ähnlich wie in einer Salzformel gibt die Formel SiO_2 die Atomverhältnisse im Kristall an, also 1:2.
2. Kristallin. Die Gitterbausteine haben eine große Fernordnung, d.h. ihre Ausrichtung ist auch viele Atomdurchmesser vom Ursprungsort entfernt immer noch dieselbe.
3. Die Gitterbruchstücke liegen so zusammen, dass zwischen ihnen noch Platz bleibt. Man kann dies mit beieinander liegenden Sandkörnern vergleichen, die den zur Verfügung stehenden Raum auch nicht vollständig ausfüllen.

Antworten zu F 22

1. Im Unterschied zu Gasen sorgen die Kohäsionskräfte dafür, dass die Teilchen sehr nahe beieinander liegen. Da sie sich häufig schon berühren, lässt sich ihr Abstand voneinander kaum noch weiter verkleinern, auch durch äußerlichen Druck nicht. Erfahrungsgemäß lassen sich Gase jedoch komprimieren (Fahrradpumpe). Dabei verringern sich die Abstände zwischen den Gasstoffteilchen. Bei genügend hohem Druck können sie sogar in den flüssigen Zustand übergehen (Campinggas).
2. Aus der vorangehenden Antwort folgt, dass dies entweder im flüssigen oder im festen Zustand sein muss. In der Regel ist es der feste, weil hier die Teilchen hochgeordnet sind. Es ist jedermann bekannt, dass das ordentliche Einräumen von Büchern in ein Gestell oder von Bauklötzen in eine Kiste platzsparender ist. Weil auf gleichem Volumen mehr Teilchen Platz haben sind geordnete Stoffsysteme oft dichter.
3. Nein, es ist Nebel. Wasserdampf ist unsichtbar. Die gasförmigen Zustände von farblosen Stoffen sind immer unsichtbar. Erst wenn sie zu feinen Flüssigkeitströpfchen kondensieren können wir die Brechung des Lichtes an der Oberfläche der Tröpfchen sehen. Folglich müsste es "nebelnde Suppe" heißen. Kohlendioxid hingegen wird als Gas bezeichnet, da der Stoff bei Raumtemperatur gar nicht im flüssigen Zustand existieren kann.

Antworten zu F 23

1. -20°C entsprechen 253.15 K ($273.15-20$) und 25°C sind 298.15 K ($273 + 25$).
2. Das Volumen eines Gases berechnet sich aus Länge mal Breite mal Höhe des Behälters. Länge, Breite und Höhe symbolisieren die drei Raumrichtungen, in denen sich die Teilchen voneinander entfernen können. Wenn sich ein Teilchen in jeder der drei Raumrichtungen um den Faktor 10 von einem anderen Teilchen entfernt, nimmt das Volumen um $10 \text{ mal } 10 \text{ mal } 10 = \text{Faktor } 1000$ zu.
3. Im letzten Abschnitt dieses Lernschrittes wird festgehalten, dass es in jedem Aggregatzustand sowohl schnelle wie langsame Stoffteilchen gibt. Dies geht auch aus der Länge der Pfeile in den Abbildungen hervor. Diejenigen Teilchen im flüssigen Zustand, welche die nötige Geschwindigkeit haben um sich an der Wasseroberfläche gegen die Kohäsionskräfte durchzusetzen, werden auch bei Raumtemperatur den Übergang in den gasförmigen Zustand schaffen.

Antworten zu F 24

1. Ein Vergleich der verschiedenen Einflüsse auf Schmelz- und Siedpunkte in der Tabelle zeigt, dass bei Reinstoffen und bei festgelegtem Aussendruck die Temperatur des Phasenübergangs beim Schmelzpunkt noch von einem weiteren Faktor abhängt: Der Stoffteilchenform. Dazu ein Beispiel: Normalerweise ist der Schmelzpunkt in einem Salz mit je zweifach geladenen Ionen erheblich höher als bei einem Salz mit nur einfach geladenen Ionen (NaCl : 801°C , MgO : 2800°C) unter der Voraussetzung, dass der Kristall optimal gepackt ist. Bei sperrigen Stoffteilchen (bei Molekülen oder für dieses Beispiel zutreffend bei Komplexionen) können große Lücken im Gitter des Kristalls entstehen. Weil die elektrostatischen Kräfte neben den Ladungen ebenfalls vom Abstand von zwei Teilchen abhängen, können durch die größeren Abstände (Lücken!) die Kohäsionskräfte vermindert werden. In Flüssigkeiten sind die Stoffteilchen sowieso nicht optimal gepackt und zusätzlich ändern sie ständig ihre Positionen, so dass der Effekt viel geringer ist.
2. Diese Frage hatte den Zweck, ein für alle mal ins Bewusstsein zu rufen, dass bei Aggregatzustandsänderungen die Stoffteilchen der Stoffe nicht verändert werden! Aus Eis oder Wasser verflüchtigen sich oder verdunsten (verdampfen) die Wassermoleküle H_2O , also dreiatomige Gebilde, deren Atome durch kovalente Bindung stark zusammenhalten. Also: die Stoffteilchen des Eises, des Wassers und des Wasserdampfs (gasförmiges Wasser) sind die Wassermoleküle H_2O . Mit dieser Erkenntnis lässt sich der Stoffteilchenbegriff weiter eingrenzen: Wenn Stoffteilchen bei Phasenübergängen intakt bleiben, dann sind die Grenzen des Stoffteilchens dort zu finden, wo Bindungen zu Nachbarpartikeln reißen oder reißen können. So gesehen besitzt Kochsalz NaCl zwei verschiedene Stoffteilchen, weil beim Schmelzen die Bindung $\text{Na}^+ \bullet \bullet \bullet \bullet \text{Cl}^-$ reißt.
3. Die Kohäsionskräfte in Kochsalz müssen bedeutend größer sein, weil bei gleicher Wärmebewegung (z.B. bei 25°C) Kochsalz noch fest ist, in Wasser hingegen konnten die Kohäsionskräfte der Wärmebewegung schon nicht mehr standhalten. Das Zustandekommen der anziehenden Kräfte ist in Kochsalz erklärbar (s. Aufgaben 1 und 2). Für Wasser wird im nächsten Kapitel ein Modell erarbeitet.

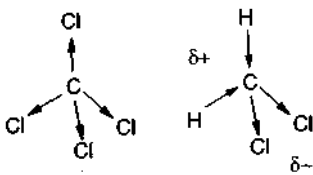
Antworten zu F 25

- Die elementaren Halogene bestehen aus den Molekülen F_2 ($18 e^-$), Cl_2 ($34 e^-$), Br_2 ($70 e^-$) und I_2 ($106 e^-$). Das radioaktive Astat (At) hat keine praktische Bedeutung und wird nicht zu den Halogenen (Salzbildner) gerechnet. Da die Elektronenzahl der Moleküle größer (und im gleichen Sinn auch die EN kleiner) wird, werden die Moleküle immer besser polarisierbar. Die Siedepunkte betragen: F_2 : $-188\text{ }^\circ\text{C}$, Cl_2 : $-35\text{ }^\circ\text{C}$, Br_2 : $+59\text{ }^\circ\text{C}$, I_2 : $+185\text{ }^\circ\text{C}$.
- Die Moleküle bestehen aus C- und H-Atomen, also aus Atomen entsprechender Elektronegativität. Daher bestimmt nur die Elektronenzahl die Polarisierbarkeit. Somit muss Propan mit 26 Elektronen pro Molekül höher siedend ($-42\text{ }^\circ\text{C}$) als Methan mit 10 Elektronen ($-164\text{ }^\circ\text{C}$).
- Diese Tatsache ist mit den bisherigen Kenntnissen nicht plausibel. Es wäre doch zu erwarten, dass das Propan, dessen Moleküle zu stärkeren Kohäsionskräften fähig sind, auch das stabilere Gitter bilden sollte. Nun ist es aber so, dass die Gitterstabilität auch davon abhängt, wie regelmäßig die Kräfte in allen Raumrichtungen wirken; wie bei einer Kette das schwächste Glied maßgebend ist, sind für die Gitterkräfte Schwachstellen im Gitter entscheidend für die Gesamtstabilität. Das fast kugelige Methan kristallisiert analog einer dichtesten Kugelpackung, was sehr regelmäßige Kräfte in allen Raumrichtungen ergibt.

Antworten zu F26

- Im Molekül CH_2O liegen die schwach polaren Bindungen H-C ($\Delta EN = 0,3$) und die stark polare Bindung C=O ($\Delta EN = 1,0$) vor. Schwach polare Bindungen tragen kaum etwas zur Dipolnatur von Molekülen bei! - Im Molekül C_2H_4 hat es vier schwach polare Bindungen H-C und die unpolare (da gleiche EN) Bindung C=C.

2.



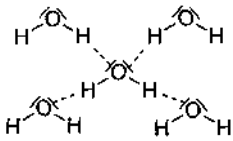
Das Molekül CCl_4 ist genau tetraedrisch gebaut und das Molekül CH_2Cl_2 nahezu. Obwohl im CCl_4 vier schwach polare Bindungen vorliegen, ist das Molekül kein permanenter Dipol (symmetrische Ladungsverteilung). Hingegen ist CH_2Cl_2 ein schwach polares Molekül.

- Keine. Edelgasatome haben eine symmetrische Ladungsverteilung, was ebenso für die Luftmoleküle O_2 , N_2 und CO_2 gilt, wie die nachstehenden Formeln zeigen:



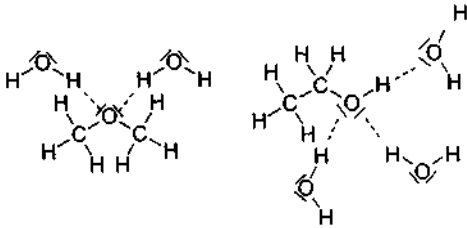
Antworten zu F27

1.



Infolge seiner gewinkelten Gestalt ist das Wassermolekül ein permanenter Dipol. Es hat sowohl zwei aktive als auch 2 passive Stellen für H-Brücken. Daher kann es mit weiteren Wassermolekülen insgesamt 4 Wasserstoffbrücken (---) ausbilden. Die Abbildung zeigt nicht die räumliche Anordnung; die vier Orbitale um O sind nahezu tetraedrisch angeordnet.

2. Dimethylethermoleküle können zwei, Ethanolmoleküle sogar drei Wasserstoffbrücken ausbilden, wie dies nachstehend angegeben ist:



3. Nein, weil die Molekularstoffe der Luft keine Dipole haben. Daher stellen die einsamen Elektronenpaare an O und N keine passiven Stellen dar. Da keine H-Atome vorhanden sind, hat es auch keine aktiven Stellen.

Antworten zu F28

1. Zuerst erscheint das Stoffsystem weiß (viele kleine Tröpfchen der beiden nicht ineinander löslichen Phasen vorhanden, große Phasengrenzfläche). Die Wassermoleküle suchen sich wegen den Wasserstoffbrücken und verdrängen die Cyclohexanmoleküle, mit denen sie keine H-Brücken bilden können, aus ihrem Verband. Sind die Tröpfchen beider Phasen groß genug, dann erfolgt Trennung wegen des unterschiedlichen spezifischen Gewichts. Es bildet sich ein Zweiphasensystem (Cyclohexan oben, Wasser unten).
2. Alle Moleküle besitzen einen Molekülteil, der keine Wasserstoffbrücken bilden kann. Dieser Molekülteil aus C und H-Atomen gleicht in der Zusammensetzung dem nicht löslichen Cyclohexan. Dieser Molekülteil würde vom Wasser verdrängt werden, wenn er nicht durch die gebundene OH-Gruppe - welche H-Brücken mit Wasser bilden kann- im Wasserverband gehalten würde. Offenbar vermag die OH-Gruppe mit drei Stellen für H-Brücken (2 passive, 1 aktive) größere nichtwasserlösliche Molekülteile nicht mehr im Verband der Wassermoleküle zu halten.
3. Der nichtwasserlösliche Teil von Aceton ist offenbar klein genug, dass die beiden passiven Stellen am O für die Löslichkeit in Wasser ausreichen. Weil Aceton keine aktiven Stellen besitzt, können die Moleküle unter sich keine H-Brücken ausbilden und durchmischen sich mit Cyclohexan aufgrund der Wärmebewegung.

Antworten zu F29

1. Weil dadurch die sich lösenden Ionen (die in Wasser immer allseitig von Wassermolekülen umgeben sind, Ion-Dipol-Bindung) weggeschwemmt und neue Wassermoleküle an die neu entstehenden Ecken angelagert werden können, was Voraussetzung für das Weiterschreiten des Auflösenvorgangs ist. Sorgt nur die Diffusion (Bewegung aufgrund der Wärmebewegung) für diese Vorgänge, so erfolgt das Auflösen sehr langsam.
2. Nur das Al_2O_3 (Ionen Al^{3+} , O^{2-} , Korund, Rubin). Siehe Löslichkeitsregeln in diesem Lernschritt.
3. Weil das Cyclohexanmolekül kein Dipol ist, der nach Anlagerung an die Oberflächenteilchen (Eckteilchen) durch Abstoßungskräfte auf die Nachbarionen die Gitterkräfte zu schwächen vermag. Der fehlende Dipol verhindert außerdem die Bildung von Ion-Dipolbindungen, welche die Bildung von Aquakomplexen ermöglichen würden.

Antworten zu L 30

1. Im letzten Abschnitt dieses Lernschrittes wurde festgehalten, dass die Cluster beim Erwärmen kleiner werden. Nur in den Clustern gibt es aber Hohlräume, in denen der für die Atmung nötige Sauerstoff vorhanden ist. Das wärmere Wasser mit kleineren Clustern vermag folglich weniger Sauerstoff aufzunehmen.
2. Ammoniakmoleküle besitzen drei aktive und eine passive Stelle für H-Brücken, Wasser hingegen je zwei aktive und passive. Da für eine H-Brücke je eine aktive und eine passive Stelle nötig sind, kann das Molekül NH_3 im Mittel nur zwei Wasserstoffbrücken mit Nachbarmolekülen ausbilden (eine von der passiven Stelle aus, die andere von einer der aktiven Stellen). Zwei der aktiven Stellen finden großräumig betrachtet keine Bindungspartner, weil auch die anderen NH_3 -Moleküle zwei aktive Stellen "zu viel" haben. Ammoniak ist folglich nicht im Stande ein dreidimensionales Netzwerk aus Wasserstoffbrücken zu bilden und sein Siedepunkt ist bei der halben Zahl von H-Brücken verglichen mit Wasser relativ tief: -33°C .
3. Beide Effekte beruhen darauf, dass die Hohlraumstruktur des Wassers zerstört wird; sie kann sich nämlich nur dann bilden, wenn größere Bereiche vorhanden sind, die nur aus Wassermolekülen bestehen. Wasserlösliche Fremdstoffe verführen Wassermoleküle zur Bildung von H-Brücken mit ihnen. Zur Ausbildung von Clustern bedarf es jedoch aller vier Stellen für H-Brücken.

Antworten zu F 31

1. Bei vollständigen Verbrennungen entstehen aus den C-Atomen der Brennstoffe $\text{CO}_2(\text{g})$ -Moleküle und aus den H-Atomen Wasserdampf $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. Da ein Molekül C_3H_8 drei C-Atome hat, entstehen pro verbranntes C_3H_8 -Molekül drei CO_2 -Moleküle. Weil ein C_3H_8 -Molekül acht Wasserstoffatome besitzt, müssen pro verbranntes Molekül vier Wassermoleküle gebildet werden. In 3 CO_2 -Molekülen sind 6 O-Atome enthalten und in vier H_2O -Molekülen 4 O-Atome. Daher werden pro verbranntes Molekül C_3H_8 zehn O-Atome benötigt oder fünf Moleküle O_2 :
$$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
2. Pro verbranntes Molekül C_8H_{18} entstehen acht Moleküle CO_2 und neun Moleküle H_2O , wozu 25 O-Atome oder 12,5 Moleküle O_2 benötigt werden:
$$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{g}) + 12,5 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 8 \text{CO}_2(\text{g}) + 9 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$

Reaktionsgleichungen können wie algebraische Gleichungen behandelt werden. Man kann z. B. die ganze Gleichung mit 2 multiplizieren (erweitern), um den gebrochenen Koeffizienten 12,5 zu eliminieren:

$$2 \text{C}_8\text{H}_{18}(\text{g}) + 25 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 16 \text{CO}_2(\text{g}) + 18 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
3. Da das Molekül $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ bereits ein Sauerstoffatom besitzt, gilt:
$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$

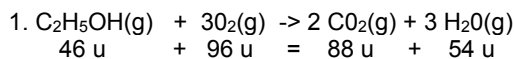
Antworten zu F 32

1. Na^+ und PO_4^{3-} - CO_2 - NH_4^+ und Cl^- - HCl - Na^+ und HSO_4^- - Ba^{2+} und SO_4^{2-}
Bei Metallen und molekularen Stoffen stimmen Stoffteilchenformeln und Stoffformeln überein. Molekulare Stoffe erkennt man daran, dass sie nur nichtmetallische Elemente in der Stoffformel besitzen (Ausnahme NH_4^+). Stoffteilchenformel und Stoffformel stimmen also nur dann nicht überein, wenn die Stoffformel sowohl metallische, wie auch nichtmetallische Elemente enthält. Das metallische Element bildet dann in der Regel das positive Ion und das/die nichtmetallische/n das negative. Die Ladungen lassen sich bei Hauptgruppenelementen mit Hilfe der Edelgasregel bestimmen. Tabellen mit Säure/Basenstärken enthalten weitere Informationen.
2. Reaktionsgleichung: $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ (evtl. mit Angabe der Aggregatzustände.)
Partikelgleichung: $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
Es handelt sich um Stoffteilchen von molekularen Stoffen. (s. auch Frage 1).
3. Reaktionsgleichung: $\text{BaCl}_2(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s}) + 2 \text{NaCl}(\text{aq})$
Partikelgleichung: $\text{Ba}^{2+} + 2 \text{Cl}^- + 2 \text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{Na}^+ + 2 \text{Cl}^-$
Nettopartikelgleichung: Alle Stoffteilchenformeln können weggekürzt werden, d.h. die Stoffteilchen erfahren keine Änderung. In diesem Fall enthält die Reaktionsgleichung mehr Informationen. Aus ihr wird ersichtlich, dass in den Feststoffen ein Ligandenaustausch stattgefunden hat, d.h. die nächsten Nachbarn der Ionen im Kristallgitter haben gewechselt.

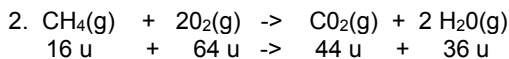
Antworten zu F 33

- 1 u hat eine Masse von $1,66 \cdot 10^{-24}$ g. Teilt man 1 g durch $1,66 \cdot 10^{-24}$ erhält man die Anzahl u, welche gleich der Masse von 1 g sind. Es sind $6,024 \cdot 10^{23}$. Um diesen Faktor ist die Einheit [g] größer als die Einheit [u]. Nimmt man die $6,024 \cdot 10^{23}$ -fache Menge eines Teilchens mit der Masse 1u, erhält man eine Teilchenportion der Masse 1 g. Die einfache Umrechnung der Masse eines Teilchens in u in die Masse einer Teilchenportion von 1 mol in g ist folglich das Resultat des Größenunterschiedes der beiden Masseneinheiten. (Die kleine Differenz (6,024 statt 6,022) rührt daher, dass das mol aus praktischen Gründen auf eine andere Weise definiert wurde.)
2. Die Formeleinheit von Aluminiumoxid ist Al_2O_3 ; diese Formeleinheit hat die Masse von 102 u (Al^{3+} hat die Masse von 27 u und O^{2-} die Masse von 16 u, wenn man auf ganze Zahlen rundet). Somit hat 1 mol Aluminiumoxid die Masse von 102 g. Diese Stoffportion enthält 1 mol Formeleinheiten Al_2O_3 . Darin liegen 2 mol Ionen Al^{3+} und 3 mol Ionen O^{2-} vor, womit 102 g Aluminiumoxid 5 mol Ionen enthalten. (Wer hier beim berechnen der Anzahl Ionen immer noch Schwierigkeiten bekundet, stelle sich bei Al_2O_3 eine Familie mit 2 Erwachsenen und 3 Kindern vor, an Stelle von man kann das Dutzend verwendet werden. In einem Dutzend Familien mit 2 Erwachsenen und 3 Kindern liegen 2 Dutzend Erwachsene vor und 3 Dutzend Kinder, womit diese Anzahl an Familien 5 Dutzend Menschen umfasst.)
3. Für das Salz Calciumfluorid CaF_2 (die Formeleinheit enthält 1 Ca^{2+} -Ion und 2 F^- -Ionen) ist die „molare Masse“ gleich 78 g/mol. Somit entspricht die Stoffportion von 39 g CaF_2 der Stoffmenge von 0,5 mol. Da eine Formeleinheit ein Ion Ca^{2+} und zwei Ionen F^- enthält, enthalten 0,5 mol CaF_2 auch 0,5 mol Ca^{2+} -Ionen und die doppelte Anzahl, also 1 mol F^- -Ionen. Daher enthält die Stoffportion von 39 g Calciumfluorid 1,5 mol Ionen.

Antworten zu F 34



Multipliziert man die Massengleichung (in g) mit $8/46$, so erhält man, dass aus 8 g $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 15,3 g CO_2 -Gas entstehen.



Durch Multiplikation der Massengleichung in kg (Stoffmengen in Kilomol = kmol) mit $10/36$ erhält man, dass für 10 kg Wasser 4,44 kg Methan verbrannt werden müssen.

3. Es gilt: Mg (24 kg) + Cl_2 (70 kg) \rightarrow MgCl_2 (94 kg). Multipliziert man die Massengleichung mit $1/24$, so erhält man 2,92 kg Chlor.

Antworten zu F 35

1. Man muss 0,1 mol Kochsalz (5,8 g) abwägen und mit Wasser auf 1 dL Lösung ergänzen. (Dazu muss man diese Stoffportion in einen 100-mL-Meßkolben einbringen, Wasser zufügen, lösen und mit Wasser auf das Endvolumen von 1 dL (0,1 L) ergänzen. Dann muss durch Umwenden des verschlossenen Messkolbens für eine sehr gute Durchmischung gesorgt werden, damit innerhalb der Lösung überall die gleiche Konzentration entsteht.) In dieser Lösung ist die Konzentration 1 mol/L (1 mol durch Liter), weil $0,1 \text{ mol}/0,1 \text{ L} = 1 \text{ mol/L}$ ist.
2. $11 \text{ g CaCl}_2 = 0,1 \text{ mol}$, weil 1 mol CaCl_2 die Masse von 110g hat, d. h. die „molare Masse“ von CaCl_2 beträgt 110g/mol. Sind 0,1 mol dieses Stoffes (11 g) in 0,2 L gelöst, so gilt, dass die Konzentration $0,1 \text{ mol}/0,2 \text{ L}$ oder 0,5 mol/L ist. In dieser Lösung gilt also: $c(\text{CaCl}_2, \text{aq}) = 0,5 \text{ mol/L}$ und, da jede Formeleinheit CaCl_2 aus 3 Ionen besteht (1 Ca^{2+} , 2 Cl^-) gilt: $c(\text{gelöste Ionen}) = 1,5 \text{ mol/L}$.
3. Wenn 1 mL der Lösung 1 mg Chlorid enthält, dann enthält 1 L 1 g Chlorid (tausendmal mehr). Da die molare Masse von Chlorid gerundet 35 g/mol beträgt, gilt, dass $c(\text{Cl}^-, \text{aq}) = 1/35 \text{ mol/L}$ ist. Nun hat der Stoff CaCl_2 pro 2 Cl^- -Ionen nur ein Ca^{2+} -Ion (oder auf ein Cl^- -Ion ein halbes Ca^{2+} -Ion), womit die Konzentration der Calcium-Ionen gleich $1/70 \text{ mol/L}$ oder $0,014 \text{ mol/L}$ beträgt (= $1/2$ von $1/35$). In dieser Lösung gilt: $c(\text{CaCl}_2, \text{aq}) = 0,014 \text{ mol/L}$, $c(\text{Ca}^{2+}, \text{aq}) = 0,014 \text{ mol/L}$ und $c(\text{Cl}^-, \text{aq}) = 0,028 \text{ mol/L}$.

Antworten zu F 36

1. Die Reaktionsgleichung $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ zeigt, dass pro Molekül $\text{CH}_4(\text{g})$ zwei Moleküle $\text{O}_2(\text{g})$ benötigt werden. Nach dem Satz von AVOGADRO sind die Molekülverhältnisse gleich den Volumenverhältnissen, daher sind für 3 L Methangas 6 L Sauerstoffgas nötig.
2. Die Reaktionsgleichung lautet: $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$. Daher benötigt nach AVOGADRO (selbstverständlich immer gleichen Druck und gleiche Temperatur der Gase vorausgesetzt) 1 m^3 Propangas 5 m^3 Sauerstoffgas. Da nun die Luft nur rund $1/5 \text{ O}_2$ -Moleküle enthält (genauer 21 %), sind für diese Verbrennung ungefähr 25 m^3 Luft notwendig.
3. Sauerstoffgas O_2 hat die molare Masse von 32 g/mol. Daher enthält die Stoffportion von 5000 g O_2 156,25 mol Sauerstoff. Bei Normalbedingungen (0°C , Temperatur des schmelzenden Eises, die früher im Labor jederzeit durch Eisvorräte, die für den ganzen Sommer im Keller eingelagert wurden, „hergestellt“ werden konnte) gilt daher: $156,25 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ L/mol} = 3500 \text{ L}$ oder $3,5 \text{ m}^3$.

Antworten zu F 37

1. Verbrennungen sind typisch exotherme (Wärmeenergie abgebende) Vorgänge. Bei exothermen Vorgängen wird es zuerst immer warm (heiß). Dann aber erfolgt wegen der Wärmeübertragung Temperaturengleich, d. h. es wird Energie an die Umgebung (Luft) abgegeben.
2. Die Bindungen in den Molekülen H_2O (Bindungen O-H) und CO_2 (Bindungen C=O) müssen offensichtlich hitzebeständig sein, so dass diese beiden Molekülarten bei den Temperaturen normaler Brände nicht verändert werden. Das heißt, dass die Bindungsenergien dieser beiden Bindungsarten groß sein müssen, es also viel Energie (Wärme) braucht, um diese Bindungen auseinander zu reißen (zu spalten).
3. Weil es die Umkehrvorgänge der besprochenen Aggregatzustandsänderungen des Verdampfens und Schmelzens sind, müssen sie exotherm sein. Es bilden sich in beiden Fällen Wasserstoffbrücken aus, welche die zwischenmolekularen Kräfte im Wasser darstellen. Bildlich kann man sich vorstellen, dass die Moleküle aufgrund der sich bildenden Wasserstoffbrücken aufeinander zurasen und eine Bindung bilden, in der die beteiligten Moleküle vorerst in starke Schwingung versetzt werden. Die Schwingung nimmt dann langsam ab, weil die Moleküle ständig mit ihren Nachbarmolekülen kollidieren. Auf diese Weise erwärmt sich die Umgebung.
Einsetzender Regen erwärmt also die Luft ein wenig, so wie auch gefrierendes Wasser das darunter liegende Wasser leicht erwärmt, was für den Temperaturengleich in den Weltmeeren eine große Rolle spielt.

Antworten zu F 38

1. - energiereich: Die Bindung enthält schon Energie, es braucht nur noch wenig mehr zur Spaltung.
- wenig Energie frei: Es braucht umgekehrt auch wenig um sie wieder zu spalten.
- endotherm: Dies ist unabhängig von der Bindungsstärke. Alle Bindungsspaltungen sind endotherm.
2. Die Reaktionsgleichung lautet: $2 \text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow 3 \text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$. Links ist die Summe der ΔE_N gleich 5.4 rechts Null. Somit ist die linke Seite energieärmer. Das heißt, dass die Reaktion endotherm verläuft.
3. Die Reaktionsenthalpie ΔH berechnet sich aus der Differenz der Bindungsenergien von allen zu spaltenden Bindungen und allen zu bildenden Bindungen. Dazu gehören auch zwischenpartikuläre Bindungen (Bindungen zwischen Stoffteilchen) wie van der Waals-Bindungen, Wasserstoffbrücken, Dipol-Dipol-Bindungen, Ion-Dipolbindungen, Ionenbindungen und Metallbindungen. Bei Reaktionen, wo flüssige Stoffe in gasförmige übergeführt werden, müsste noch die Verdampfungsenthalpie einberechnet werden, welche im Fall von Benzin durch die van der Waals-Bindungen bestimmt wird. Die Polaritätsfaustregel erfasst aber nur Bindungen innerhalb der Stoffteilchen und nicht zwischen den Stoffteilchen.

Antworten zu F 39

1. Der erste Schritt der Reaktion gemäß der Gleichung $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ist die Spaltung der Bindungen in den Ausgangsstoffen $\text{H}_2(\text{g})$ und $\text{O}_2(\text{g})$. Dazu wird Energie benötigt, die so genannte Aktivierungsenergie. Die ist offenbar nicht in genügendem Masse vorhanden, so dass die Reaktion erst dann von selbst abläuft, wenn aufgrund erfolgter Aktivierung die ersten neu gebildeten Bindungen die Aktivierungsenergie für die weitere Spaltung bereitstellen.
2. Filter halten Substanzen zurück. Je länger ein Filter in Betrieb ist, desto mehr zurückgehaltene Substanzen reichern sich im Filter an. Die ist beim Katalysator nicht der Fall. Dort werden schädliche Substanzen in andere Stoffe umgewandelt und mit den Abgasen ausgestoßen. Gemäß Definition liegt ein Katalysator unverändert vor und ist folglich beliebig lange funktionsfähig.
3. Es gibt keine Universalkatalysatoren. Wenn beim Kraftfahrzeug-Katalysator z.B. Platin als Katalysator eingesetzt wird, so ist offenbar gerade dieses Metall für die zu katalysierenden Reaktionen geeignet. Wird das Fahrzeug mit verbleitem Benzin betrieben, so schlägt sich Blei fein verteilt auf der Katalysatoroberfläche nieder und vergiftet ihn. Das Platinmetall ist den umzuwandelnden Gasen nicht mehr zugänglich.

Antworten zu F 40

1. Bei 0 K gibt es praktisch keine Wärmebewegung mehr, wodurch die Tendenz stärkere Bindungen zu bilden voll zur Geltung kommt. Die Teilchenbewegung reicht nicht einmal aus, um den zwar dichten aber ungeordneten flüssigen Zustand beizubehalten. Auch bei geringer Anziehungskraft ordnen sich die Teilchen möglichst dicht an. Es entsteht der kristalline Feststoff des Gases.
2. Die beiden Tendenzen der Bildung oder Aufrechterhaltung der Bindungen und des Auseinanderdriftens aufgrund der Wärmebewegung halten sich offenbar genau die Waage. Für den Schmelzprozess einzuleiten müsste die Temperatur ein ganz klein wenig erhöht werden, damit durch die Wärmebewegung die anziehenden Kräfte überwunden werden könnten. Andererseits müsste für den umgekehrten Vorgang die Temperatur auf etwas unter Null °C erniedrigt werden, damit die Bindungskräfte zwischen den Wassermolekülen gegenüber den durch Stossvorgänge auf die Moleküle einwirkenden Kräfte überwiegen.
3. Diese Reaktion ist nun um einiges komplexer als die einfachen Beispiele, die bis jetzt zur Sprache kamen. Einerseits ist die Reaktion stark exotherm, es bilden sich nach der Bindungsspaltung offenbar erheblich stärkere Bindungen im Reaktionsprodukt (Bindungen C=O in $\text{CO}_2(\text{g})$). Andererseits ist das Produkt gasförmig, was auch einem Phasenübergang fest \rightarrow gasförmig gleichkommt, also einem Auseinanderdriften von Teilchen. Somit wirken beide Tendenzen im Sinne einer Begünstigung des Ablaufs der Reaktion. Diese Reaktion läuft in einem großen Temperaturbereich immer in die gleiche Richtung ab. (Bei zu tiefen Temperaturen kann evtl. nicht mehr aktiviert werden oder die entstehende Wärme bei der Bindungsbildung entschwindet in die kalte Umgebung statt neue Bindungen zu spalten. Bei zu hohen Temperaturen sind unter Umständen auch die Bindungen in den Reaktionsprodukten zu wenig stark um der Wärmebewegung standzuhalten.)

Antworten zu F 41

1. Der Dampfdruck einer Flüssigkeit hängt von ihrer „Flüchtigkeit“ ab, d. h. davon, wie stark die Kohäsionskräfte sind. Leichtflüchtige Flüssigkeiten (kleine Kohäsionskräfte, niedrige Siedepunkte) haben bei einer bestimmten Temperatur höhere Dampfdrücke. Die Antwort auf die Frage lautet daher nein.
2. Mit steigenden Temperaturen gibt es mehr energiereiche Teilchen, die sich vom Flüssigkeitsverband losreißen können. Daher steigt die Konzentration der Dampfmoleküle. Dies hat zur Folge, dass der Dampfdruck zunimmt (Federventil beim Dampfkochtopf steigt), d. h. auch die Zahl (und Intensität) der Stöße auf die Phasengrenzfläche größer wird. Dadurch werden pro Zeiteinheit auch mehr Gasteilchen in die Flüssigkeit integriert. Bei der höheren Temperatur hat man also ein neues Gleichgewicht, bei dem die Anzahl der verdampfenden und kondensierenden Teilchen pro Zeiteinheit größer ist als im alten.
3. Weil sich ein Teil der Dampfteilchen aus dem Gefäß entfernen kann, womit die Konzentration des Dampfes kleiner wird als im geschlossenen Gefäß. Daher ist die Zahl der kondensierenden Teilchen stets kleiner als die der verdampfenden, womit die Verdampfung überwiegt und so das Gefäß mit der Zeit austrocknet.

Antworten zu F 42

1. Fünf Intervalle von 10°C bewirken eine Erhöhung der $v(A+B)$ um mindestens einen Faktor 32, da jedes Intervall eine Verdoppelung bewirkt ($2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$). Daher wird bei Reaktionen in Lösung oft bei Siedehitze gearbeitet.
2. Wie das Konzentrations-Zeit-Diagramm für den Stoff A zeigt, nimmt die Konzentration im Reaktionsverlauf mit der Zeit ab. Da $v(A+B) = k \cdot c(A) \cdot c(B)$ und $c(A)$ - und zwangsläufig in gleichem Maß $c(B)$ - abnimmt, muss v immer kleiner werden. Die Wahrscheinlichkeit eines reaktionswirksamen Zusammenstoßes wird immer kleiner. Das ist auch der Grund, warum die Reaktion theoretisch nie beendet wird. In einer Reaktion mit $k=2$ scheinen die Edukte zwar früher verschwunden zu sein (gestrichelte Linie im Diagramm), da aber auch hier die Wahrscheinlichkeit für einen reaktionswirksamen Zusammenstoß immer kleiner und schlussendlich verschwindend klein wird, wird auch in diesem Fall die $c(A)$ nie Null sein. Sowohl mit $k = 1$ als auch mit $k = 2$ nähern sich die Reaktionsgeschwindigkeiten (Steigungen der Kurven zu einem bestimmten Zeitpunkt) lediglich dem Wert Null.
3. Es ist klar, dass die beiden $v(A+B)$ nur dann miteinander verglichen werden können, wenn neben $c(A) \cdot c(B)$ alle übrigen Bedingungen genau gleich sind.
 - mit $c(A) = 0,1 \text{ mol/L}$ und $c(B) = 1 \text{ mol/L}$ wird $c(A) \cdot c(B) = 0,1 \text{ mol}^2/\text{L}^2$
 - mit $c(A) = 0,55 \text{ mol/L}$ und $c(B) = 0,55 \text{ mol/L}$ wird $c(A) \cdot c(B) = 0,3025 \text{ mol}^2/\text{L}^2$

Obwohl die Summe der Stoffteilchenkonzentrationen in beiden Fällen gleich groß (1,1 mol/L) ist, ist die $v(A+B)$ im zweiten Fall 3 mal größer, da die Chance, dass A und B aufeinander stoßen, hier größer ist (im ersten Fall hat es zu wenig A).

Antworten zu F 43

1. Im Verdampfungs-Kondensations-Gleichgewicht eines Dampfkochtopfes ist die $c(\text{H}_2\text{O}, \text{l})$ stets viel größer als die $c(\text{H}_2\text{O}, \text{g})$, weil die Gasphase einer Flüssigkeit schon bei Raumtemperatur ungefähr 1000 Mal weniger dicht ist als die flüssige Phase (Faustregel). Weil zur Berechnung der Gleichgewichtskonstante die Produkte (hier der Dampf) stets im Zähler stehen, muss K kleiner als 1 sein.
2. Wie im vorangehenden Lernschritt beschrieben, ist die Stärke einer Bindung von der Temperatur abhängig. Sie wird mit steigender Temperatur in der Regel lockerer, was die Reaktion begünstigt. Das gilt aber auch für die Rückreaktion. Weil sich die Bindungen in den Ausgangsstoffen von denen in den Endstoffen unterscheiden wird daher ihre Lockerheit durch die Temperatur unterschiedlich beeinflusst. Am Beispiel des in Frage 1 besprochenen Phasenübergangs im Dampfkochtopf wird die Temperaturabhängigkeit von K besonders deutlich.
3. K ist gleich dem Quotienten des Konzentrationsprodukts der Endstoffe (Zähler) und dem Konzentrationsprodukt der Ausgangsstoffe (Nenner):

$$K = \frac{c(\text{HCl}, \text{g}) \cdot c(\text{HCl}, \text{g})}{c(\text{H}_2, \text{g}) \cdot c(\text{Cl}_2, \text{g})} \text{ oder } K = \frac{c^2(\text{HCl}, \text{g})}{c(\text{H}_2, \text{g}) \cdot c(\text{Cl}_2, \text{g})}$$

Wie die zweite Gleichung zeigt, erscheinen Koeffizienten der Reaktionsgleichung (hier die 2 für 2 HCl der Produkte) als Potenzen!

Antworten zu F 44

1. Weil ein Reaktionsprodukt aus dem Gleichgewicht fortwährend entweicht, so dass die Rückreaktionsgeschwindigkeit immer kleiner als die Hinreaktionsgeschwindigkeit ist.
(Die fortwährende Entfernung eines Reaktionsproduktes aus der Reaktionsmischung ist eine Maßnahme, welche auch in der Industrie zur Erzwingung eines vollständigen Reaktionsablaufs angewendet wird. Wenn einer der Endstoffe das gewünschte Produkt ist, dann ist man an einer Einstellung eines Gleichgewichtes gar nicht interessiert. Begleitet wird die Maßnahme dann durch ständige Zufuhr von Ausgangsstoffen.)
2. Die Trefferwahrscheinlichkeit zwischen A und B steigt an, damit auch die $v(\text{A+B})$, während die Rückreaktion vorerst noch mit gleicher Geschwindigkeit abläuft. Die Zunahme der reaktionswirksamen Zusammenstöße zwischen A und B hat eine Abnahme der Konzentration von B (und in gleichem Masse natürlich auch von A) zur Folge. Jeder reaktionswirksame Zusammenstoß zwischen A und B führt zur Produktion von C und D, womit deren Konzentrationen zunehmen.
3. Gemäß der Polaritätsfaustregel ist die Hinreaktion exotherm (Bindungen werden in der Gesamtheit polarer) und die Rückreaktion folglich endotherm. Weil höhere Temperaturen eine endotherme Reaktion begünstigen, verschiebt sich das Gleichgewicht gegen links.

Antworten zu F 45

1. Ein Liter Wasser hat die Masse von ca. 1000 g. Dividiert man nun 1000 g/L durch die molare Masse des Wassers von 18 g/mol, so erhält man 55,55... mol/L.
2. In reinem Wasser ist $c(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 55,55 \text{ mol/L}$ und $c(\text{H}_3\text{O}^+, \text{aq})$ sowie $c(\text{OH}^-, \text{aq})$ gleich 10^{-7} mol/L . Auf 55,55... mol H_2O entfallen also 10^{-7} mol des Ionenpaars $\text{H}_3\text{O}^+/\text{OH}^-$. Das bedeutet, dass auf 555 555 555 (also mehr als eine halbe Milliarde!) Wassermoleküle H_2O ein Ionenpaar entfällt!
3. Es handelt sich um 1 mol NaOH. Damit wird $c(\text{Na}^+, \text{aq}) = 1 \text{ mol/L}$ und auch $c(\text{OH}^-, \text{aq}) = 1 \text{ mol/L}$. Die vom Dissoziationsgleichgewicht des Wassers stammenden OH^- (aq) brauchen wegen ihrer geringen Konzentration nicht berücksichtigt zu werden (was auch für die H_3O^+ (aq) gilt).
Durch Umformung der Gleichung für das Ionenprodukt des Wassers erhält man:

$$c(\text{H}_3\text{O}^+, \text{aq}) = \frac{10^{-14} \text{ mol}}{c(\text{OH}^-, \text{aq}) \text{ L}} \text{ oder } c(\text{H}_3\text{O}^+, \text{aq}) = \frac{10^{-14}}{1} \text{ mol/L}$$

Somit enthält die Lösung mit $c(\text{OH}^-, \text{aq}) = 1 \text{ mol/L}$ eine $c(\text{H}_3\text{O}^+, \text{aq})$ von 10^{-14} mol/L . Der Zusatz von OH^- hat also die $c(\text{H}_3\text{O}^+, \text{aq})$ verkleinert! Das beruht darauf, dass die Neutralisation vorhandener Hydroxonium-Ionen stattfand, was aber wegen der geringen Menge dieser Ionen die Konzentration der Hydroxid-Ionen nicht stark beeinflusste (diese ist nach wie vor nahezu 1 mol/L).

Antworten zu F 46

1. Von jeder Stoffteilchenformel wird ein Proton (H^+) subtrahiert: NO_3^- , CO_3^{2-} , NH_3 . Neben den einfachen Metallionen treten hier noch Komplexe auf, die - da sie ja aus allen nichtmetallischen Elementen des Stoffes bestehen- auch die abspaltbaren H^+ enthalten müssen.
Die Säureteilchen sind: HSO_4^- , H_3PO_4 (keine Ionenverbindung) und H_2PO_4^- .
Die dazugehörigen B^- sind: SO_4^{2-} , H_2PO_4^- und HPO_4^{2-} .
(Bei H_2PO_4^- wird ersichtlich, dass es offenbar so genannte mehrprotonige Säuren gibt, welche mehr als ein H^+ abgeben können.)
2. Salzsäure (HCl, aq) ist eine Säure, bei der die tatsächliche Formel sehr gut mit der verallgemeinerten Formel HB übereinstimmt:
 $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
Das Gleichgewicht liegt dabei fast zu 100% auf der rechten Seite, d.h. praktisch alle ursprünglich zugegebenen HCl-Moleküle liegen als Chlorid-Ionen Cl^- vor. Somit liegen auch gleichviele Hydroxonium-Ionen H_3O^+ vor. es gilt also:
 $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0.1 \text{ mol/L}$ oder 10^{-1} mol/L , womit $\text{pH} = 1$ ist.
Es dürfte einleuchten, dass die geringe Menge von Hydroxonium-Ionen, die das Wasser selber bildet (10^{-7} mol/L), vernachlässigt werden darf, weil dies im vorliegenden Fall nur einen Millionstel ausmacht. (Dieser Fehler ist sehr viel kleiner als der Fehler, den wir durch die Annahme machen, dass die Salzsäure zu 100% deprotoniert (entprotoniert) wird.)
3. Das Ionenprodukt in Wasser $c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ beträgt $10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$. Aus Aufgabe 2 geht hervor, dass $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-1} \text{ mol/L}$ ist. Man erhält das Ionenprodukt in Wasser, indem man diesen Wert mit 10^{-13} mol/L multipliziert. $c(\text{OH}^-)$ ist folglich = 10^{-13} mol/L .

Antworten zu F 47

1. Gemäß Tabelle T1 wandelt sich HSO_4^- praktisch vollständig in H_3O^+ und SO_4^{2-} um. $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ ist - wiederum unter der erlaubten Vernachlässigung der im Wasser immer vorhandenen Hydroxonium-Ionen- gleich 0.01 mol/L oder 10^{-2} mol/L , was einem pH-Wert von 2 entspricht.
2. Zwar wandelt sich die Schwefelsäure gemäß Tabelle T1 praktisch vollständig in H_3O^+ und HSO_4^- um, was einen pH-Wert von 2 ergeben würde. Aus der Antwort zur Frage 1 in diesem Lernschritt wird aber ersichtlich, dass das entstehende Hydrogensulfat-Ion (HSO_4^-) auch Protonen abgibt. Die Schwefelsäure ist eine zweiprotonige Säure: 0.01 mol von ihr erzeugen in 1 L Wasser ca. 0.02 mol H_3O^+ -Ionen. Der negative Zehnerlogarithmus dieses Wertes ist 1.7.
3. Gemäß Tabelle 1 liegen im Gleichgewicht nur etwa $1/10\,000$ der Ammonium-Ionen (NH_4^+) als NH_3 vor und haben H_3O^+ -Ionen erzeugt. Bei einer Hydroxonium-Ionenkonzentration von 10^{-4} mol/L (pH 4) muss die Konzentration an Ammonium-Ionen - und damit die $c(\text{NH}_4\text{Cl})$ - etwa $10\,000$ Mal größer sein: 1 mol/L .

Antworten zu F 48

1. Das Protolysengleichgewicht des Wassers lautet:
$$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$$
Nach Zugabe von Hydroxid-Ionen steigt die Wahrscheinlichkeit eines reaktionswirksamen Zusammenstoßes mit den Hydroxonium-Ionen H_3O^+ . Aus den beiden Ionen wird Wasser gebildet, was zur Abnahme der Konzentrationen von beiden Ionen führt. Während die Konzentration der H_3O^+ -Ionen vor dem ersten Zusammenstoß 10^{-7} mol/L (ein zehnmillionstel Mol) beträgt, ist die Konzentration der OH^- -Ionen ungleich höher, je nach Menge, die zugegeben wurde. Pro Zusammenstoß wird für jedes H_3O^+ -Ion genau ein OH^- -Ion umgesetzt. Nehmen wir einmal an, es wurden 1 mol OH^- -Ionen pro Liter zugegeben und bei Zusammenstoßen mit H_3O^+ -Ionen würde deren gesamte Menge von 10^{-7} mol/L umgesetzt. (In Wirklichkeit wird natürlich nur soviel umgesetzt, bis das Ionenprodukt von $10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ erreicht ist). H_3O^+ -Ionen hätte es keine mehr, während die Konzentration der OH^- -Ionen von 1.0000001 mol/L auf 1 mol/L abgenommen hätte. Merken Sie sich folgendes: Die zugegebene Menge an Partikeln verändert sich kaum und kann als konstant angesehen werden. Die Konzentration des anderen Partikels ändert sich verhältnismäßig stark (gemäß Ionenprodukt) und bestimmt den pH-Wert.
2. 40 g $\text{NaOH}(\text{s})$ sind 1 mol dieses Stoffes. Darin enthalten sind 1 mol OH^- -Ionen. Gemäß der vorangehenden Antwort ändert sich diese Menge kaum. Das Ionenprodukt $c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ wird nur erreicht, wenn die $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ auf 10^{-14} mol/L sinkt, da $1 \cdot 10^{-14} = 10^{-14}$. Der pH ist $-\lg c(\text{H}_3\text{O}^+) = 14$.
3. Bei pH 9 ist die $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-9} \text{ mol/L}$. Die $c(\text{OH}^-)$ ist folglich 10^{-5} mol/L . Dies ist zugleich die Konzentration des Stoffes $\text{KOH}(\text{aq})$, da dieser Stoff pro Formeleinheit genau 1 OH^- Ion enthält.

Antworten zu F 49

1. Na^+ und HPO_4^{2-} , NH_4^+ (einziges positives nichtmetallisches Ion in diesem Buch!) und CH_3COO^- , Na^+ und CO_3^{2-} , NH_3 (Molekül!), Ca^{2+} und PO_4^{3-} . Die fettgedruckten Teilchen sind gemäß T1 Basen.
2. Nach T1 liegt im Gleichgewicht eines von 10 000 Acetat-Ionen als Essigsäuremolekül CH_3COOH vor. Dies ist auch das Verhältnis, mit dem OH^- -Ionen erzeugt wurden, also 0.00002 mol/L . $10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ geteilt durch 0.00002 mol/L , ergibt eine H_3O^+ -Ionenkonzentration von $10^{-9.3} \text{ mol/L}$. Der pH ist folglich 9.3.
3. $c(\text{OH}^-) = 10^{-4} \text{ mol/L}$, da $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-10} \text{ mol/L}$. Die Phosphat-Ionen PO_4^{3-} sind starke Basen, praktisch die gesamte Menge setzt sich zu HPO_4^{2-} und OH^- -Ionen um. Also wurden pro Liter ca. 0.0001 mol dieses Stoffes gelöst. Bei einer Molmasse von 164 g sind das 0.0164 g . (Natürlich reagiert auch noch ein Teil der entstehenden Hydrogenphosphat-Ionen HPO_4^{2-} mit Wasser. Eine Rechnung zeigt aber, dass dies im Verhältnis zur schon vorhandenen Menge an OH^- -Ionen vernachlässigbar wenig ist.)

Antworten zu F 50

1. Partikelgleichung: $\text{HCl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
Reaktionsgleichung: $\text{HCl}(\text{g}) + \text{NaOH}(\text{s}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
2. Die Protonenübertragung findet von HCl nach NH_3 statt.
Partikelgleichung: $\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Cl}^- + \text{NH}_4^+$
Daraus kann folgende Reaktionsgleichung zusammengesetzt werden:
Reaktionsgleichung: $\text{HCl}(\text{g}) + \text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$
Beim weißen Rauch muss es sich also um das feinstverteilte Salz Ammoniumchlorid handeln. (Die beiden anderen Stoffe sind Gase und demzufolge transparent.)
3. Bei Calciumhydroxid handelt es sich um das Salz $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Seine Molmasse beträgt 74 g/mol . 7.4 g sind folglich 0.1 mol dieser Formeleinheit. Eine Formeleinheit enthält aber zwei Hydroxid-Ionen, 0.1 mol Formeleinheiten folglich 0.2 mol Hydroxid-Ionen. Die Partikelgleichung der Neutralisation ist dieselbe wie in Aufgabe 1: Pro Ion OH^- wird ein Molekül HCl benötigt. Pro 0.2 mol OH^- also auch 0.2 mol $\text{HCl}(\text{g})$.

Antworten zu F 51

1. Gemäß Tabelle T1 erfolgt die Dissoziation (von lat. Trennung) von HSO_4^- in SO_4^{2-} und H_3O^+ fast vollständig. Die $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ wäre demnach bei 10^{-1} mol/L. Hingegen liegt nur etwa 1/10000 der ursprünglichen Konzentration von CH_3COO^- als CH_3COOH und OH^- vor. Die $c(\text{OH}^-)$ wäre demnach 10^{-5} mol/L. Das ergibt ein Ionenprodukt $c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ von $10^{-6} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ anstelle von $10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$. Es ist also um den Faktor 10^8 zu hoch. Damit ist die Wahrscheinlichkeit eines reaktionswirksamen Treffers zwischen H_3O^+ und OH^- so hoch, dass die Neutralisationsreaktion verstärkt einsetzt.
2. Es ergeben sich allein Unterschiede bei der Angabe der Aggregatzustände in den Reaktionsgleichungen. Damit wird die Rolle des Wassers deutlich: Es erleichtert lediglich die Reaktion in seiner Rolle als Übermittler von Protonen.
3. Gemäß den Angaben im Lernschritt liegen am Schluss Na_2SO_4 und CH_3COOH in gelöster Form vor. Gemäß Tabelle T1 ist das Sulfat-Ion weder sauer noch basisch. Hingegen dissoziiert ca 1/100 der Essigsäure zu Acetat-Ionen und H_3O^+ . Wenn die Neutralisation wie besprochen vollständig erfolgt, ist die $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ gleich 0.1 mol/L. Die $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ folglich 0.001 mol/L und der pH gleich 3. Hier wird deutlich, dass Neutralisation nicht mit pH 7 gleichzusetzen ist.

Antworten zu F 52

1. Diese Reaktion spielt sich dann ab, wenn zu einer Phosphatpuffer-Lösung fremde Base (die in wässriger Lösung immer $\text{OH}^-(\text{aq})$ hat) zugefügt wird:
$$\text{OH}^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HPO}_4^{2-}$$

Aus der starken Base OH^- entsteht somit die schwache Base HPO_4^{2-} , die nur noch zu einem Tausendstel pH-wirksam ist; daher ist auch die pH-Änderung klein.
2. Es eignet sich als Puffer, da sowohl die Säure, wie auch die korrespondierende Base schwach sind. Der pH-Wert liegt im sauren Bereich (ca. pH 4.8), da die Säure CH_3COOH stärker ist als die Base CH_3COO^- , wie die Angaben der Tabelle [T1] im Anhang.
Ist hingegen die Base stärker als die korrespondierende Säure, so haben gleichteilige Gemische $\text{pH} > 7$. Dies ist z.B. beim Ammonium/Ammoniak-Puffer ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -Puffer) der Fall, der bei gleichen Anteilen pH 9,2 hat.
3. Von der Stoffmenge des Säure/Base-Paars. Je mehr solche Teilchen es hat, umso mehr fremde H_3O^+ bzw. OH^- können abgefangen werden, ohne dass sich der pH stark ändert. Auf die Volumeneinheit bezogen, hängt die Pufferkapazität natürlich von der Stoffmengenkonzentration (mol/L) des Säure/Base-Paars ab.

